

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER

ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

* * * * *

UNTER MITWIRKUNG * DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-CEMENT-
* * FABRIKANTEN * UND * DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS * *

V. JAHRGANG.

No. 19.

Einige Ergebnisse neuerer Eisenbeton-Versuche der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G.

Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ 1908 von Dipl.-Ing. W. Luft, Direktor der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. in Nürnberg.

Die in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten vorgenommenen Versuche über die Scher- und Schubfestigkeit von Eisenbetonstücken zeigen, daß man immer mehr die Wichtigkeit einer genauen Kenntnis dieser Eigenschaften des Eisenbetons erfaßt. Auf dem Gebiete der Praxis beschränkt die Schubspannung die Verwendungsmöglichkeit der Plattenbalken bei Groß-Konstruktionen, wenn man gezwungen ist, wörtlich nur nach den „Leitsätzen“ oder „Bestimmungen“ zu konstruieren. Wie bei allen Ausführungen auf dem Gebiete des Betonbaues kommen bei den bisher vorliegenden Versuchen hauptsächlich die Art der Herstellung, das Mischungsverhältnis und der Wasserzusatz des Betons in Betracht, von ganz besonderem Einfluß bei Eisenbeton ist jedoch die Art der Bewehrung.

Diesen Einfluß auf die Schub- und Normalspannungen festzustellen, soll ein Hauptzweck der zu besprechenden Versuche sein. Es soll die Verarbeitung der Versuchs-Ergebnisse einen Beitrag für die weitere Ausgestaltung der Berechnungsweise ergeben und es sollen dadurch weitere Anhaltspunkte, die zu einer zweckentsprechenden Durchbildung der Eisenbeton-Konstruktionen in praktischer Hinsicht wichtig sind, gefunden werden.

In den deutschen „Leitsätzen“ ist die höchstzulässige Beanspruchung mit $4,5 \text{ kg/qcm}$ für die Schubspannungen angegeben; auch in den preussischen „Bestimmungen“ ist dieser Wert festgelegt. Nach den „Bestimmungen“ darf man durch besondere Anordnung von Eisen-Einlagen die Grenze nach oben verlegen. In den „Leitsätzen“ sowohl, wie in den „Bestimmungen“ sind Vorschriften über die Berücksichtigung der Bügelbewehrung nicht enthalten. Es wurden nur hochgezogene Eisen für die Aufnahme der Schubspannungen berücksichtigt, da der Einfluß der Bügel noch nicht sicher nachgewiesen ist, bezw. ein solcher überhaupt angezweifelt wurde.

Die ersten Vorschläge für die gesamten Versuche wurden bereits von dem Verfasser im Januar 1905 der kgl. Material-Prüfungsanstalt in Stuttgart behufs Durchführung von Bruchbelastungen bekanntgegeben. Wegen Ueberlastung dieser Anstalt konnte aber erst im März 1907 mit der Herstellung der Versuchsstücke begonnen werden. Das ganze Versuchsprogramm konnte mit Hrn. Dr.-Ing. v. Bach in der Zwischenzeit beraten, eingehender besprochen und die Herstellungsweise endgültig festgelegt werden.

A. Versuchsstücke für die Vorversuche.

1. Würfel $30/30/30 \text{ cm}$ und Prismen zur Feststellung der Druck-, Zug- und Elastizitäts-Module mit verschiedenen Materialien und verschiedenen Wasserzusätzen, in Holzformen und eisernen Formen hergestellt, dem Balkenbeton-Material entnommen.

2. Die Versuchsstücke bilden durchlochte Balken (Abbildg. 1a). Die durchlochten Balken wurden in ähnlicher Anordnung, allerdings für andere Zwecke, bereits als eiserner Träger (siehe Bach: „Elastizität und Festigkeit“) von der Material-Prüfungsanstalt in Stuttgart untersucht; ferner wurden Versuche mit ähnlichen Versuchsstücken in Eisenbeton von Prof. Mörsch durchgeführt.

3. Versuche mit verdübelten Balken (Abbildg. 1b) mit ähnlicher Anordnung der Verdübelung, wie sie bei Holzbalken üblich ist.

B. Hauptversuche.

Die Versuchsstücke bestanden aus Plattenbalken mit verschiedener Bewehrung.¹⁾ Diese Form ergab sich aus der Berechnung, da einfache Balken, normal bewehrt, leichter unter Normalspannungen als durch Schubspannungen brechen. Die Stärkebestimmung ist dabei so erfolgt, daß die Breite der Platte auf das Geringstmäß beschränkt wurde. Die Länge der Balken war bestimmt durch die Konstruktion der zur Verfügung stehenden Prüfungsmaschinen. Die wichtigsten Versuche bildeten diejenigen zur Feststellung des Einflusses der verschiedenen Bewehrungs-Arten (vergl. Abbildg. 2a—h). Der zu den Balken, die diesem Zwecke dienten, verwendete Beton bestand aus 1 T. Handels-Zement von Dyckerhoff & Söhne, 2 T. Nürnberger Grubensand und 3 T. Basaltgrus vom Basaltwerk Vokkawind (hiervon waren 1 T. von 1—10 mm und 6 T. von 10—25 mm Korngröße). Auf Biegung berechnet, haben alle Balken in der Mitte im Untergurt gleiche Bewehrung. Der gesamte Beton-Querschnitt in der Mitte (Abbildg. 3) beträgt 780 qcm ; der Eisen-Querschnitt (6 Rundeisen zu 20 mm Durchm.) $18,84 \text{ qcm}$; der Eisengehalt daher $2,4\%$ des gesamten Beton-Querschnittes. Der Beton-Querschnitt der Rippe beträgt 480 qcm ; der Eisengehalt alsdann nahezu 4% . Die Bügel bestehen aus 6 mm Rundeisen und erhielten die in den Abbildg. 3a und b gezeichneten Formen.

Für die Herstellung und Prüfung der Versuchsstücke waren die nachstehenden Grundsätze maßgebend. Die Herstellungsweise der Balken selbst wurde hiernach mehrmals durch einen Beamten der Material-Prüfungsanstalt in Stuttgart beaufsichtigt.

1. Herstellung der Eisenbetonbalken, den praktischen Ausführungs-Verhältnissen entsprechend, in einem geschlossenen Laboratorium in der Fabrik der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. in Nürnberg.

2. Gleiche wie in der Praxis übliche Material-Verwendung.

3. Gleiches Mischverfahren bei Herstellen des Betons nach den Vorschriften des Beton-Vereins.

4. Gleiches Personal.

5. Möglichst gleiche Temperaturen und Feuchtigkeit im Laboratorium mit gleicher Lagerung der Balken in feuchtem Sand.

6. Gleiches Verfahren für die Bestimmung des Wasserzusatzes. Die Materialien wurden nach einem bereits bei den umfangreichen Betonversuchen der Firma in Biebrich bewährten Verfahren probeweise vor jeder Balkenherstellung auf einer Pflanne getrocknet und der verdunstete Wassergehalt bestimmt. Als dann wurde bis zu dem vorgesehenen Gesamtwasserzusatz Wasser beim Mischen zugegeben.

7. Einwandfreies gleichmäßiges Einbringen des Betons in die Holzschalungen durch dieselben Arbeiter.

8. Gleiche Holzschalungen für alle Balken, die leicht abgeholt und möglichst dicht waren.

¹⁾ Es wurde ferner der Einfluß des Prozentgehaltes des Eisens an Balken ermittelt, die nur mit hochgebogenen Eisen oder mit Bügeln und hochgebogenen Eisen verschiedener Form (4 Formen) bewehrt waren; ferner der Einfluß des Alters, indem die Balken, statt nur nach 100 Tagen Abbindezeit, auch bei 40, 60 und 80 Tagen gebrochen wurden; der Einfluß des Wasserzusatzes bei einer Bemessung desselben auf 4, 6, 8, 10, 12%; der Einfluß verschiedener Materialien, indem der Beton mit Basalt oder mit Kies hergestellt wurde; schließlich der Einfluß verschiedener Querschnitte. —

9. Normale Konstruktion der Balken in ihren äußeren Abmessungen.
10. Keine anormalen Betonquerschnitte und Höhen.
11. Keine anormalen Eisenquerschnitte.
12. Auf beiden Seiten der Balken, die jeweilig für ein Versuchsstück vorgesehene gleiche Bewehrung, also bei einem Versuchsstück keine verschiedenartige Bewehrung.
13. Gleiches, absolut sicheres, nicht von Zufälligkeiten abhängiges Bruchverfahren durch beste Instrumente und geübtes Personal.
14. Anstrengung absolut sicherer Ergebnisse²⁾, die nicht

Alle Balken wurden, weil auch die Maschinen dafür eingerichtet waren, durch Einzelbelastung geprüft (Abbildung 4 gibt die Anordnung der Belastung wieder). Die mustergültigen Untersuchungen der kgl. Material-Prüfungs-Anstalt in Stuttgart lieferten umfangreiche Messungs- und Druckbelastungs-Ergebnisse, die in vortrefflicher Weise in amlich beglaubigten Beobachtungsreihen, Zeichen-Unterlagen, Photographien und Niederschriften wiedergegeben wurden.³⁾ Das Ergebnis der gesamten Arbeiten und besonders auch den Einfluß der Bewehrung nach allen Richtungen hin festzustellen, bleibt einer späteren geschlossenen vollständigen Abhandlung, die im Buchhandel erscheinen wird, vorbehalten. Es sollen hier nur die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse und deren Verarbeitungen über den Einfluß verschiedenartiger Bewehrungen und die Art der Rissebildungen besprochen werden.

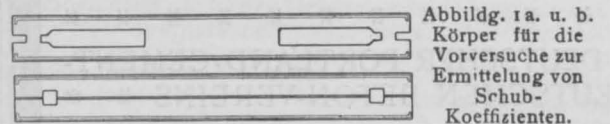


Abbildung 1a u. b. Körper für die Vorversuche zur Ermittlung von Schub-Koeffizienten.

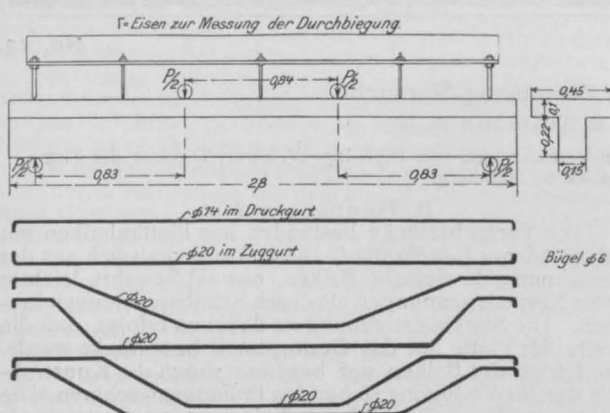


Abbildung 4. Anordnung der Belastung.

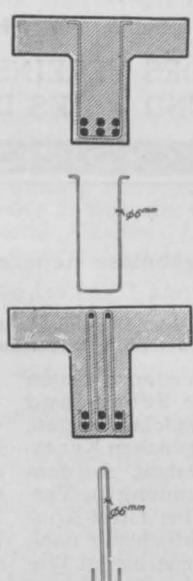


Abb. 3. Bügelanordnung.

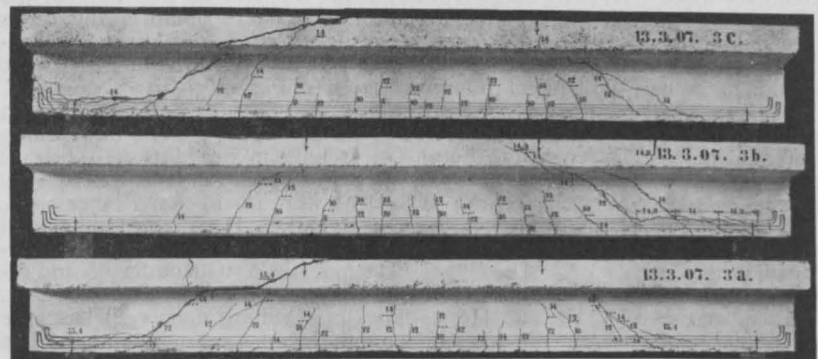


Abbildung 6. Seitenflächen der Balken 3a-c.

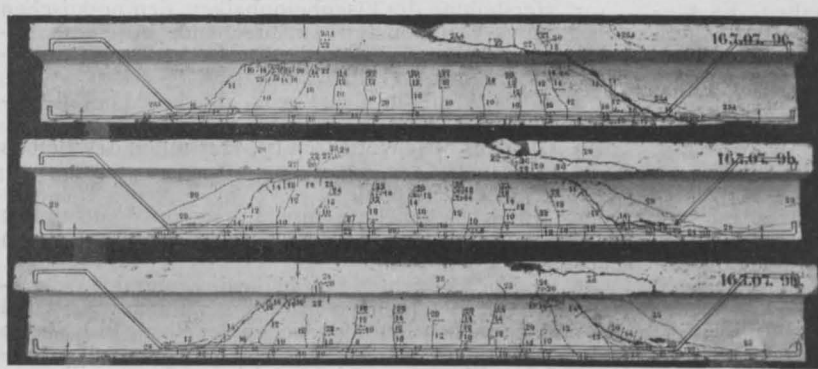


Abbildung 8. Seitenflächen der Balken 9a-c.

von Zufälligkeiten abhängen, dadurch, daß immer drei Balken einer Sorte nach diesen Grundsätzen hergestellt und nach gleichem Verfahren geprüft wurden.

²⁾ Neuere Bruch-Ergebnisse von Eisenbetonbalken erscheinen vielfach nach Punkt 12, 13 und 14 nicht einwandfrei, weil die einzelnen Versuchsstücke auf beiden Seiten eines Balkens verschiedenartige Armierung aufweisen. Es scheint der Einfluß einer stärker armierten Seite bei der Belastung auf die Bruch-Erscheinung der schwächer armierten Seite derartig zu sein, daß die schwächer armierte Seite eher zum Bruch kommt als bei gleicher Ausbildung (vergl. hierüber auch den Satz von Maxwell). Der Beweis vom Gegenteil ist nicht geliefert, und so lange sind derartige Versuche nicht

notwendig, sich mit der Art der Rissebildung überhaupt zu beschäftigen, und es sollen unterschieden werden: primäre und sekundäre Risse und Erscheinungen.

einwandfrei; ebenso kann die Art ihrer Bruchbelastung durch Zufälligkeiten beim Aufbringen der Sandsäcke beeinflußt worden sein und sind die Ergebnisse nicht durch mindestens 3 Versuchsstücke belegt. Als Beweis hierfür dient, daß bei der vorliegenden Balkenreihe Stücke vorhanden sind, die an verschiedenen Erscheinungen zugrunde gingen; somit ist es sehr gewagt, aus einem einzelnen Bruch-Ergebnis Schlußfolgerungen zu ziehen.

³⁾ Vergl. Protokoll der Haupt-Versammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ 1908.

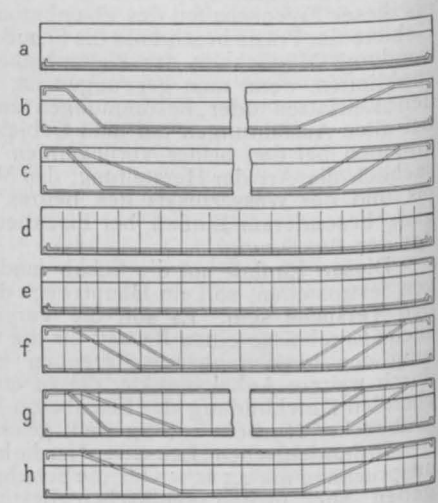


Abbildung 2. Verschiedene Anordnung der Bewehrung.

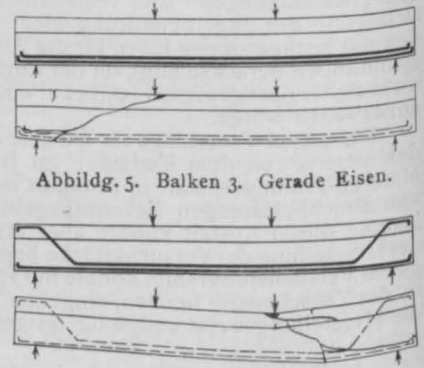


Abbildung 5. Balken 3. Gerade Eisen.

Abbildung 7. Balken 9. Die oberen Eisen unter 45° hochgezogen.

Primäre Risse sind solche, welche unmittelbar unter dem Einfluß der Hauptspannungen infolge von Ueberbeanspruchung des Materiales hervorgegangen sind. Diese bleiben solange primärer Natur, als sie sich innerhalb der der Rechnung zugrunde liegenden Grenzen bewegen. Werden diese Grenzen überschritten, so sind es sekundäre Risse, die bei stetigem Fortschreiten eine Lockerung des Gefüges und so die Zerstörung des Balkens herbeiführen können. Ursächliche Erscheinung jeder Zerstörung sind die primären Risse; erst eine fortschreitende Belastung führt unmittelbar aus den primären zu sekundären Rissen. Ein neues Konstruktionselement entsteht durch sekundäre Risse und ist dies kein Balken im gewöhnlichen Sinne mehr.

Es sind daher zwei Bruchgefahren zu unterscheiden:

1. Infolge Ueberbeanspruchung des Materiales durch die Hauptspannungen.
2. Infolge Ueberschreiten der in der Rechnung festgelegten Grenzen durch die Risse.

Beide Bruchgefahren stehen in ihrem Verhältnis zur Bruchlast auf verschieden hoher Stufe; während die erstere den Bruch des Balkens bedeutend später herbeiführt, wird die letztere, welche eine Erschöpfung des Materiales auf seine Festigkeitseigenschaften noch nicht erzielt hat, dem Balken unbedingt früher seine Widerstandsfähigkeit rauben. — Dadurch ist das Prinzip einer jeden Bewehrung gegeben: Sie hat das Auftreten sekundärer Risse zu verhindern, um dadurch erst die Materialien zu ihrer vollen Festigkeitsausnützung zu bringen. Dabei kann aber eine solche Wirksamkeit nach zwei verschiedenen Grundsätzen zu bemessen sein:

1. Das Auftreten primärer Risse soll gemindert werden oder überhaupt verhindert werden, um eine hieraus folgende Zerstörung durch sekundäre Risse hintanzuhalten.
2. Die Ausdehnung der primären Risse soll nur zu solchen sekundärer Art unmöglich gemacht werden. Die verschiedenartig bewehrten Balken sollten hiernach untersucht werden und es soll ein Teil ihrer eigenartigsten Risse und Brucherscheinungen besprochen werden.

Vom einfachsten werde ausgegangen, von dem nur durchaus im Zuggurt bewehrten Balken 3 (Abbildgn. 5 u. 6). Hier treten die ersten Zugrisse bei einer Belastung von 6700 kg auf. Bei dieser Belastung berechnen sich folgende Beanspruchungen: $\sigma_b = 32,4$, $\sigma_e = 509$, $\tau_0 = 7,4$, $\tau_1 = 3,1$.

Der weitere Verlauf der Belastung ergibt ein fortschreitendes Auftreten der Zugrisse gegen die Auflager zu und allmähliche Umwandlung derselben aus lotrechten in schiefverlaufende. Die Druckkräfte im Obergurtschieben nun das noch durch keine Risse angegriffene Balkenende, unter gleichzeitiger Absprengung des Steges von den Eisen, hinaus. In dem Falle, daß ein glattes Abspringen und Hinwegschieben des Balkenendes jedenfalls durch den Einfluß der Haken verhindert wurde, bildete sich ein augenblicklicher Drehungsmittelpunkt; es kommt teilweise zu Zugspannungen im Obergurt und der Zugriß an der Oberkante erscheint, und zwar unmittelbar über dem schiefen Riß. Die gezeichnete Verzerrung (Abbildg. 5) liefert ein augenblickliches Bild dieses Vorganges. Die Bruchlast war 14800 kg, $\sigma_b = 84,5$, $\sigma_e = 1326$, $\tau_0 = 19,3$, $\tau_1 = 8$ kg/qcm.

Diese Werte rechtfertigen ein Zugrundegehen des Balkens in keiner Weise; die Ausnützung des Materiales auf seine Festigkeitseigenschaften tritt nicht ein, somit bleibt nach dem Vorhergehenden nichts anderes übrig, als die Ursache im Auftreten sekundärer Risse zu suchen. Dies stimmt auch, denn der Zugriß im Obergurt (Abbildg. 6) kann nur infolge sekundärer Erscheinungen möglich sein. Die Ursache des Zugrundegehens wird das Absprengen des Steges von den Eisen sein, doch wird dasselbe mit ziem-

licher Wahrscheinlichkeit kombiniert vor sich gegangen sein durch gleichzeitiges Auftreten von Zug- und Schubspannungen über den Eisen im Untergurt. Diese Erscheinung werde für später beachtet, nämlich daß Zug und Schub zusammen einen Bruch herbeiführen. Dies ist wichtig für die einer Berechnung zugrunde liegenden Festigkeitskoeffizienten.

Wahrscheinliches Ergebnis des Versuches.

Ein Absprengen des Betons vom Eisen an den Auflagern trat erst ein, nachdem ein schiefer Zugriß, der durch den ganzen Steg verlief, ein solches möglich machte. Der schiefe Zugriß ist primärer, die Sprengrisse sind sekundärer Natur.

Nachdem nun die Ursachen der Zerstörung dieses einfachen Balkens erkannt sind, wird das Auftreten des vorher besprochenen schiefen Zugrisses durch ein unter 45° hoch gezogenes Eisen zu verhindern gesucht; dies gelingt auch (s. Balken 9, Abbildg. 7 u. 8). Nun wirken die schiefen Zugrisse, die sich nicht in dem von den eben besprochenen Eisen getroffenen Balkenteile befinden, ähnlich wie im vorhergehenden Falle, jedoch mit dem Unterschiede, daß sie sich in einem erheblich größeren Abstände vom Auflager befinden. Es ist aber die Gefahr des Absprengens des Steges von dem Eisen eine geringere als im vorhergehenden Falle; dies kommt natürlich nur für die Endstadien in Betracht. Für das Auftreten der ersten Zugrisse kann dies von keinem Einfluß sein. Diese treten auf bei einer Belastung von 5000 kg mit $\sigma_b = 28,6$, $\sigma_e = 450$, $\tau_0 = 6,4$, $\tau_1 = 2,7$ kg/qcm. Die Bruchlast war aber eine bedeutend höhere, nämlich 26800 kg; dies gibt ein $\sigma_b = 152,7$, $\sigma_e = 2408$, $\tau_0 = 34,3$, $\tau_1 = 14,6$.

Das Absprengen des Steges von der Bewehrung konnte wegen der Entfernung des letzten schiefen Risses vom Balkenende erst später erfolgen (s. Abbildg. 8). Es bedeutet also in diesem Falle ein Hochziehen der Eisen in der Nähe der Auflager ein Verdoppeln der Bruchlast. Auch die primäre Ursache der Zerstörung des Balkens, die schiefen Risse, sind bei derselben Belastung, aber vom Auflager entfernter aufgetreten wie beim vorhergehenden.

Hierbei dürfte auch eine andere Ueberlegung erwähnt werden. Es ist schon bemerkt worden, daß die Risse von der Stelle des größten Momentes an nach und nach gegen die Auflager hin auftreten. Diese Erscheinung ist eigenartig für alle Balken. Sie geht von einem Zentrum aus und wird von demselben auch immer wieder beeinflusst und unterhalten. Daraus ergibt sich die erste Bruchgefahr an der Stelle des Zentrums, als welche die Stelle des größten Momentes zu gelten hat. Werden dort die hieraus sich ergebenden Spannungen vom Material noch aufgenommen, so wird eine Bruchgefahr allmählich für immer näher und näher dem Auflager liegende Querschnitte entstehen. Die sich ergebenden Spannungen haben aber je nach dem Querschnitt eine verschiedene Richtung. Damit ist schon ausgedrückt, daß die Bruchgefahr auch zu der Richtung der Bewehrung zu einem betreffenden Querschnitt in Beziehung gesetzt werden muß. Bei fortschreitender Belastung wird dann die angedeutete wellenartig wirkende und sich fortsetzende Erscheinung bei ihrer Wanderung zum Auflager an der Stelle des geringsten Widerstandes den Balken zur Zerstörung bringen.

Wahrscheinliches Ergebnis dieses Versuches.

Unter 45° hochgezogene Eisen an den Enden lieferten einen ähnlichen Bruch wie im vorhergehenden Falle, doch wurde derselbe um den nochmaligen Betrag der ersten Belastung hinausgeschoben. — (Fortsetzung folgt.)

Die Eisenbeton-Konstruktionen der Markuskirche in Stuttgart. (Schluß aus No. 16.)

Von Dipl.-Ing. S. Zipkes in Zürich.

Die Bauausführung wurde mit großer Sorgfalt bewirkt. Für die Mischung des Betons der Gründungen und der Eisenbeton-Konstruktionen wurde eine größere Beton-Mischmaschine System Aebi & Co. in Zürich benutzt. Der Portland-Zement entsprach den gesetzlichen Normen, der Schotter wurde aus einem Kalksteinbruche in Malmshelm gewonnen und kam gewaschen zur Verarbeitung; außerdem kam Neckarsand zur Verwendung.

Die Konstruktion der Lehrgerüste und der Verschalung des Mittelschiffes ist aus den Abbildgn. 15 und 16 ersichtlich, die Verschalung des Turmes aus den Aufnahmen Abbildgn. 10 und 11 in No. 15 und 16.

Der Auftrag zur Ausführung erfolgte am 10. März 1906; mit der Ausführung sollte aber am 1. April begonnen werden. Vertraglich sollten alle Decken und Wände am 24. Juni, der Turm bis zum Glockenstuhl am 21. Juli 1906 fertig erstellt sein. Infolge der schon erwähnten wiederholten Arbeits-Einstellungen durch die Baupolizei konnten diese Fristen nicht eingehalten werden, die Arbeiten zogen

sich vielmehr bis Ende November hin. Sämtliche Arbeiten konnten aber bei milder Witterung vollendet werden.

Für sämtliche Arbeiten war das Mischungsverhältnis des Betons zu 1:5 vorgesehen, d. h. es sind 303 kg Portland-Zement auf 1 cbm fertigen Betons verwendet.

Die Baupolizei bezweifelte gleich bei Beginn der Arbeiten die Güte des verwendeten Betons und beanstandete nachher die bereits ausgeführten Bauteile. Hierauf sind einerseits auf dem Bauplatze aus den für verschiedene Teile fertig gemischten Materialien Betonwürfel erstellt, anderseits solche mit den auf dem Bauplatze befindlichen Materialien durch die Material-Prüfungsanstalt der kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart gefertigt und einer Untersuchung unterworfen worden. Versuche sind einmal mit den genannten Probewürfeln aus Beton ohne Eisen-Einlagen, das andere Mal mit solchen aus Eisenbeton vorgenommen worden. Zu den Versuchen mit Eisenbetonkörpern sind Würfel, aus den bereits ausgeführten Säulen herausgesägt, verwendet worden.

Das Mischungsverhältnis der Probewürfel aus Beton war durchweg 1 : 5, das Alter schwankte zwischen 18 und 36 Tagen, die Druckfestigkeit zwischen 55 und 142 kg/qcm. Die verschiedenen Ergebnisse dieser Versuche können auf den Umstand zurückgeführt werden, daß ein Teil der Würfel durch unerfahrene Leute auf dem Bauplatze und wahrscheinlich nicht im richtigen Mischungsverhältnis sowie nicht mit dem richtigen Wasserzusatz ausgeführt wurde. Ferner stammt das Material einiger Probewürfel von dem für die Gründungen der Umfassungswände bestimmten Material.

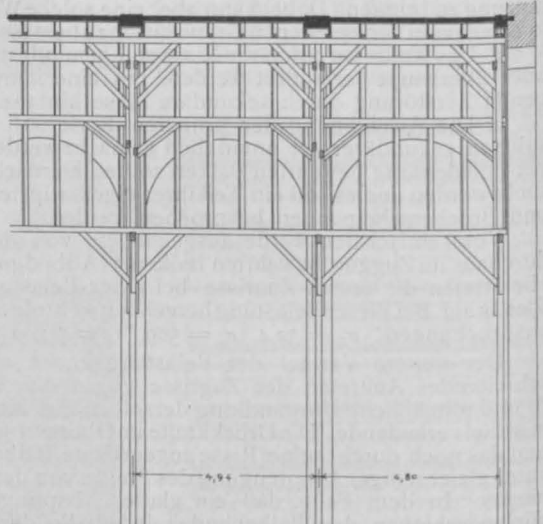
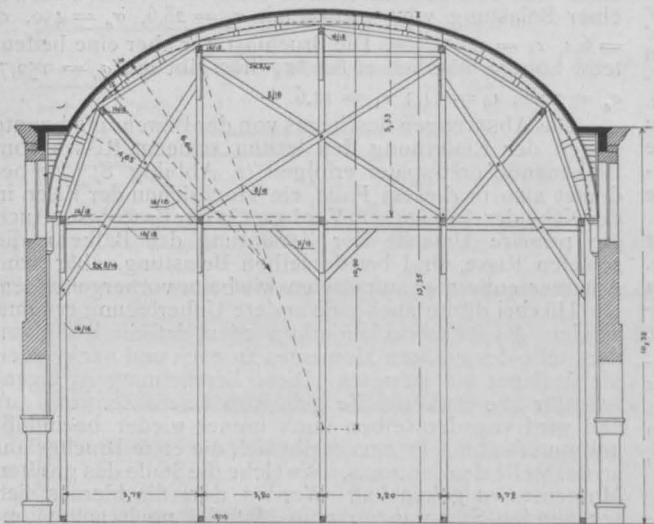
Von den eingelieferten Eisenbetonkörpern, die, wie erwähnt, aus bereits erstellten Bauteilen herausgesägt wurden, konnten nicht alle dem Versuche unterworfen werden, weil meistens die so herausgesägten Körper stark verletzt oder ganz beschädigt waren. Ein Teil der Körper, deren Zusammenhang noch bestand, d. h. wo die Eisen-Einlagen nicht herausfielen, konnte einem Druckversuche unterworfen werden; hierbei mußten die noch vorspringenden Eisenstäbe zum zweiten Male abgesägt bzw. abgefeilt und die Druckflächen mit einer Mörtelschicht aus Portland-Zement überzogen werden. Nach genügender Erhärtung sind die Flächen gehobelt worden, worauf die Prüfung stattfinden konnte. Die ersten Risse traten bei 50 bzw. 84 kg/qcm Druckbeanspruchung ein. Es ist kaum notwendig, zu bemerken, daß solche Prüfungen nicht maßgebend sein können, indem ja durch das

drücken durch Hobeln mit zwei parallelen Druckflächen versehen. Die Bruchbelastung betrug rd. 440 kg/qcm.

Aus den vorher angeführten Gründen entsprechen die Ergebnisse der angestellten Versuche mit Probekörpern den allgemeinen Bedingungen nicht. Betrachtet man aber die für den Turm ermittelten Spannungen, ferner die Schwächungen, welchen die Versuchskörper durch verschiedene Operationen unterworfen waren, so kann aus diesen Ergebnissen keineswegs ein Schluß über die Festigkeit oder gar Sicherheit der Ausführung gezogen werden.

Das kgl. württembergische Ministerium erteilte dem örtlichen Baukontrolleur die Weisung, so lange ein befriedigender und sicherer Nachweis nicht erbracht werde, daß die Standfestigkeit des Baues nicht gefährdet sei, wenn die bereits ausgeführten Beton- und Eisenbeton-Arbeiten am Turm und Kirchenschiff belassen würden und auf denselben weitergebaut werde, auf Beseitigung der beanstandeten Bauteile zu bestehen. Gleichzeitig wurde verlangt, für die Pfeiler- und Gewölbe-Konstruktionen des Kirchenschiffes Porphyr-Schotter zu verwenden, worauf die ferneren Arbeiten am Bau eingestellt wurden.

Hierauf ist von der Material-Prüfungsanstalt der kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart eine Reihe sorgfältig durchgeführter Versuche mit von der Baustelle der Markuskirche entnommenen, z. T. gewaschenen Materialien und verschiedenen Mischungsverhältnissen sowie ver-



Abbildg. 15 und 16. Konstruktion der Lehrgerüste für die Eisenbetongewölbe des Mittelschiffes.

wiederholte Absägen usw. der Eisenbetonkörper verletzt, die Verbindung zwischen Beton und Eisen aufgehoben wird und ersterer somit einen bedeutenden Teil der ursprünglichen Festigkeit durch diese Maßnahme eingebüßt haben wird. Ferner ist es eine bekannte Tatsache, daß aus fertigen Konstruktionen herausgeschnittene Würfel eine kleinere Festigkeit aufweisen, als wenn mit dem gleichen Material unmittelbar Probewürfel erstellt werden.

Ferner wurden von der Material-Prüfungsanstalt sowohl der an dem Bau der Markuskirche verwendete Portland-Zement wie auch das verwendete Sand- und Schotter-Material einer gründlichen Prüfung unterworfen.

Der Zement ergab bei der Normprobe nach 7 Tagen eine mittlere Zugfestigkeit von 18,3 kg/qcm, nach 28 Tagen eine solche von 26,3 kg/qcm. Der Zement bestand auch die Raumbeständigkeits-Proben vollkommen.

Das Sand- und Schotter-Material ist in bezug auf schlammige Verunreinigung untersucht worden. Es ergaben sich beim Sand 3,6% Schlamm, beim Kalkschotter 2,65%. Es ist aber zu bemerken, daß das Sand- und Schottermaterial keine gleichartige Qualität aufwies infolge verschiedener Umstände bei der Gewinnung, und daß dieselben daher nur gewaschen zur Verwendung gelangten. Zu Vergleichszwecken ist ferner ein Sandsteinkörper von dem am Bau verwendeten Material einer Druckprobe unterworfen worden. Der Probekörper, ein Würfel von 27 cm Kantenlänge, wurde vor dem Zer-

schiedenen Wasserzusätzen vorgenommen, welche Ergebnisse zeigten, die wie folgt zusammengefaßt wurden: „Die Ergebnisse der Druckversuche, die sich auch auf verschiedenen Wasserzusatz erstrecken, zeigen, daß die nunmehr verwendeten Materialien beim Neubau der Markus-Kirche, zu Beton verarbeitet, bei richtigem Wasser-Zusatz (6,5% vom Gesamtgewicht der verwendeten Materialien) und bei dem Mischungsverhältnis 1 Teil Zement, 2 Teile Sand, 2 Teile Porphyr-Schotter die vorgeschriebene Bruchfestigkeit besitzen, und daß die Probewürfel, bei welchen statt Porphyr-Schotter gewaschener Kalkstein-Schotter von Malsheim verwendet wurde, eine Bruchfestigkeit von 192 bzw. 176 kg/qcm ergeben haben. Weitere Versuche, wobei den Probekörpern teils zu viel, teils zu wenig Wasser zugesetzt oder andere Mischungsverhältnisse, als bei diesem Bau vorgeschrieben, genommen worden sind, haben nur theoretischen Wert, zeigen aber, daß nur geringe Wasserzusatz- oder Mischungsverhältnis-Änderungen einen ganz erheblichen Einfluß auf die Festigkeit und Güte des Betons haben, der teilweise so weit geht, daß nicht einmal doppelte Sicherheit bei der höchstzulässigen Inanspruchnahme von 40 kg/qcm vorhanden wäre.“

Auf Grund dieser Untersuchungen und dieses Berichtes wurden die bereits ausgeführten Eisenbeton-Konstruktionen nicht mehr beanstandet, und der Bau konnte ohne Änderung mit gutem Erfolge zu Ende geführt werden.

Vermischtes.

Einen neuen Beweis für die Widerstandsfähigkeit des Eisenbetons auch bei Explosionen teilt „Engineering Record“ in der Nr. vom 1. Aug. 1908 mit. Danach sind Acetylen-Gasbehälter im Dachraum einer in Eisenbeton hergestellten Fabrik explodiert und haben, trotzdem die Fenster und Türen z. T. aus dem Gebäude herausgeschleudert wurden und einige massive Gebäude in einiger Entfernung von der Fabrik noch Beschädigungen erhielten, an dem Eisenbetongebäude weiter keinen Schaden angerichtet, als daß

die emporgeschleuderten Deckel der Gefäße ein Loch durch das Dach geschlagen haben, das übrigens aus einer Verbindung von Ziegeln und Beton mit Einlagen von Kahn-Eisen bestand. Eine halbe Stunde nach der Explosion wurde der Betrieb in der Fabrik wieder aufgenommen.

Inhalt: Einige Ergebnisse neuerer Eisenbeton-Versuche. — Die Eisenbeton-Konstruktionen der Markuskirche in Stuttgart. (Schluß) — Vermischtes. Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., Berlin. Für die Redaktion verantwortlich Fritz Eiselen, Berlin. Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg., P. M. Weber, Berlin.